

ESTUDIO DE LA REMOCIÓN DEL COLORANTE AZUL DE METILENO EMPLEANDO LA BIOMASA DE LA *Morinda Citrochifolia* L.

Eduardo Campos Medina¹
Ana Marcela Gómez Hinojos²
Alma Velázquez Rodríguez³

Resumen

Este trabajo de investigación muestra los resultados generados de la remoción del colorante azul de metileno, disuelto en soluciones sintéticas. Este proceso se realizó mediante el proceso de adsorción, empleando el biomaterial de la *Morinda Citrochifolia* L., la cual es una especie vegetal originaria de la península de Yucatán. Se decidió emplear dicho biomaterial ya que usualmente sus residuos son destinados a la vermicomposta o como mejorador de suelos. En este estudio los resultados de adsorción del colorante citado muestran prometedores resultados en cuanto a la captura del mismo por este biomaterial.

Palabras Clave: Adsorción, *Morinda Citrochifolia* L.

Abstract

This research shows the results generated from the removal of methylene blue dye dissolved in synthetic solutions. This process was performed by the adsorption process, using the biomaterial of the *Morinda Citrochifolia* L., which is a plant species native to the Yucatan Peninsula. It was decided to use this biomaterial as they usually are for their waste and vermicompost as a soil. In this study the adsorption of the dye results cited show promising results in terms of capturing the same for this biomaterial.

Key words: Adsorption, *Morinda Citrochifolia* L.

¹ Profesor Investigador de la Facultad de Planeación Urbana y Regional de la UAEMex. Correo electrónico. eduardocmx@gmail.com.

² Profesor de la Facultad de Planeación Urbana y Regional de la UAEMEx. Correo electrónico. nicemarcelagomez@yahoo.com

³ Profesor Investigador de la Facultad de Ciencias de la UAEMex. Correo electrónico. almaver22@hotmail.com.

Introducción

La contaminación del agua se define como la incorporación de materias extrañas como; microorganismos, productos químicos, residuos industriales y de otros tipos. Entre estas materias que deterioran la calidad del agua tenemos a los limpiadores domésticos, limpiadores con amonio, blanqueadores, desinfectantes, destapa caños, pulidores de pisos y muebles, limpiadores de hornos, limpiadores de inodoros, productos en aerosol, Pesticidas y repelentes, adhesivos, anticongelantes, aceite para motor, líquido de transmisión, baterías, líquido para frenos y cera para carrocerías. (Ozdemir, *et. al.* 2004:49-60).

En relación al objetivo de este trabajo de investigación podemos citar que la mayoría de las aguas residuales contienen generalmente colorantes industriales empleados en: papel, industrias textiles, destiladoras, entre otras, las cuales causan serios problemas en la vida acuática y cambios drásticos en el medio ambiente. (Kunwar P. Singh 2008: 1-2). Principalmente la textil que contiene grandes cantidades de sustancias que proporcionan un fuerte color a sus aguas de desecho. (Mohd, *et. al.* 2011: 1-13)

En la última década se han hecho notables avances en el empleo de aplicaciones biotecnológicas en los efluentes textiles no solo para remover el color (Crini, 2008: 415-426), sino también para la completa eliminación del colorante (Dogan *et. al.*, 2007: 701-713) Entre estos se hallan el mejoramiento de los tratamientos mediante filtración, oxidación química y técnicas especializadas de floculación (Sharma, 2007: 48-54), así como pretratamientos que incluyen digestión anaeróbica, biorreactores de película fija (Sen, 2003: 1868-1878.), reactivos de oxidación avanzada por reactivo de Fenton, electrólisis o flotación por espuma.

La adsorción es una nueva opción de tratamiento (Wang and Li, 2007: 308-314. Eren and Afsin, 2007: 162-167) ya que es una operación de separación de sustancias, que se realiza al poner en contacto un fluido con un sólido adsorbente, este es un fenómeno de superficie mediante el cual el adsorbato queda retenido en la superficie exterior y en los poros interiores del sólido (Wang and Zhu, 2007: 306-314).

En México se tienen este tipo de problemas por contaminación del agua de ríos, lagos y mares, alteran el equilibrio de los ecosistemas provocando, frecuentemente, fenómenos irreversibles que se reflejan en el deterioro de la calidad de vida es el caso particular las aguas residuales del Río Lerma a pesar de los tratamientos de las aguas de dicho Río todavía se aprecian la contaminación por el color.

Con base en la situación anteriormente descrita, este trabajo de investigación propone emplear la adsorción química como un tratamiento de pulimiento en cuanto al tratamiento de las aguas residuales provenientes de las empresas del ramo textil que utilizan en sus procesos colorantes. En un inicio la fase experimental de la investigación se llevará a cabo en condiciones controladas de laboratorio, para observar el comportamiento de la adsorción del colorante Azul de Metileno en el *biomaterial Morinda Citrifolia L.*, con la finalidad de establecer las condiciones optimas a las cuales debe de realizarse dicha adsorción.

Posteriormente los resultados generados servirán como estudios preeliminares, los cuales sentarán las bases para posteriores investigaciones cuyo objetivo final sea la remoción del colorante que aguas residuales.

Metodología

a) Preparación de Soluciones de Colorante Azul de Metileno

Se prepararon soluciones del colorante Azul de Metileno a concentraciones de 25, 50, 75, 100 y 150 ppm (mgL^{-1}), colocando la cantidad correspondiente de cada solución en un volumen de 500 mL de agua, con esto se tienen las soluciones correspondientes para el trabajo experimental.

b) Tratamiento de biosorción

Secado. En este tratamiento se utilizó cáscara de *Morinda Citrifolia L.* (Noni). La cual se preparó secándola por 7 días a los rayos del sol, posteriormente se terminó de deshidratar a 70°C por 5 horas en una estufa del laboratorio. (Chakraborty *et. al.*, 2006: 4733)

Triturado y tamizado. Una vez seca la biomasa se trituró con la ayuda de un molino Wiley G.E. No. 4352, posteriormente se tamizaron con una malla de 40 mesh. Una vez molida la biomasa esta se almacenó en recipientes de polietileno, en un lugar fresco y al abrigo de la luz. (Campos, 2006)

c) Tiempo de contacto

La *Morinda Citrifolia L.*, no tiene tratamiento previo, es decir se utilizó de forma natural. Se pesaron 100 mg de la biomasa para cada una de las soluciones, del colorante a las concentraciones señaladas. De cada una de las soluciones se tomaron 10 mL de muestra las cuales se fijará un valor de pH de 2 agregando ácido clorhídrico y se pondrán en contacto con cada una de las biomásas mediante agitación mecánica por medio de un rotor mecánico, los tiempos de contacto serán de 5, 10, 15, 30 minutos, este proceso se realizará por duplicado y los resultados mostrados serán la media de dichas repeticiones. (Campos, 2006)

d) Valoración de remoción del colorante

Para llevar a cabo dicha valoración se realizó una curva patrón del colorante, la determinación se realizó por medio de la técnica de espectrofotometría utilizando un equipo spectrAA-10 plus, en el cual se midió la concentración del colorante antes y después de la biosorción. (Campos, 2006)

e) Microscopia electrónica de barrido y microanálisis

Los lodos generados por la biosorción de las muestras tratadas se secaron con la finalidad de evaporar el agua que contenían, posteriormente se colocaron en un soporte de grafito el cual se introdujo en un Microscopio Electrónico Philips XL-30 a bajo vacío, esto

con la finalidad de obtener las imágenes de los lodos así como el microanálisis correspondiente señalándonos los elementos que constituyen a dichos lodos. (Chakraborty y otros, 2006: 4733)

f) Calculo de Isotermas

Con estos datos se calcularon las respectivas cinéticas e isotermas de Langmuir y Freundlich, para las concentraciones del colorante ya señalado. (Campos, 2006) Las formulas matemáticas de dichos modelos son:

- Modelo de la isoterma de Langmuir

$$q_e = QbCe / 1 + bCe$$

Donde q_e = Cantidad de soluto adsorbido por peso unitario de adsorbente (mgg^{-1})

Q_0 = Cantidad de moles soluto adsorbido que forma una monocapa por peso unitario de adsorbente (mgg^{-1})

b = Constate empirica (L mg^{-1})

C_e = Concentración en equilibrio (mgL^{-1})

- Modelo de la isoterma de Freundlich

$$\text{Log } Q_e = \text{Log } K_f + 1/n \text{ Log } C_e$$

Donde q_e = Cantidad de soluto adsorbido por peso unitario de adsorbente (mgg^{-1})

K_f = Constante de Freundlich (mgg^{-1})

$1/n$ = Coeficiente de Freundlich

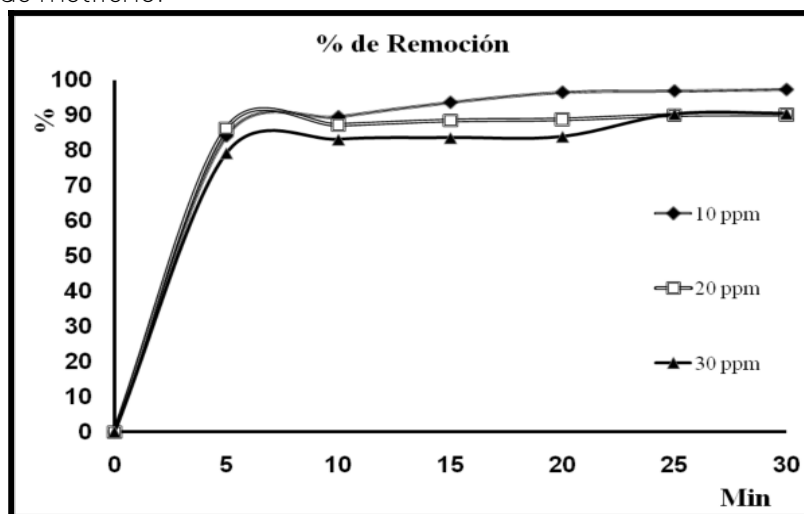
C_e = Concentración en equilibrio (mgL^{-1})

Resultados

Porcentajes de remoción

Los porcentajes de remoción se obtuvieron mediante el uso de la espectrofotometría un equipo spectrAA-10 plus. Para lo cual se colocaron las soluciones resultantes de los tiempos de contacto entre el biomaterial y el colorante. Los porcentajes se muestran en las Figuras 1 y 2 respectivamente.

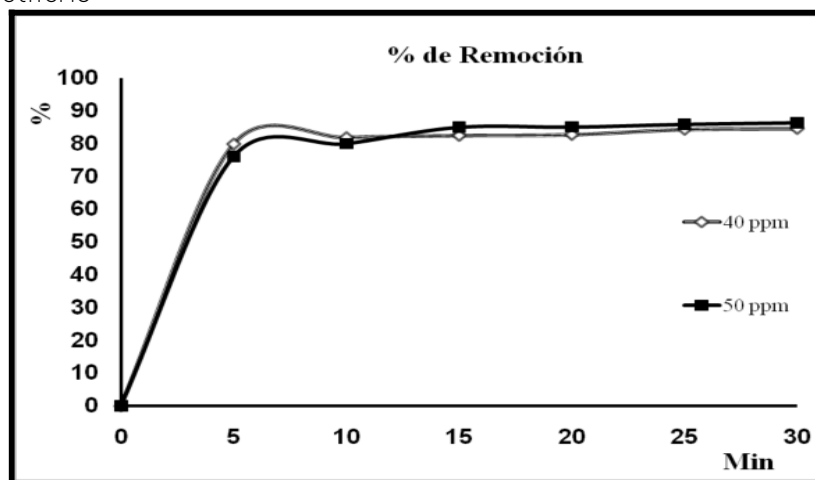
Figura 1. Porcentaje de remoción del colorante a las concentraciones de 10, 20 y 30 ppm de azul de metileno.



Fuente: Propia de los autores, 2011

En la Figura 1 se muestran los porcentajes de remoción de las concentraciones del azul de metileno a 10, 20 y 30 ppm. En este caso se puede apreciar claramente que a los 5 minutos para las tres concentraciones se alcanza casi 90 % de remoción y posteriormente se tiende a pequeños incrementos en cuanto al valor de porcentaje de remoción. Siendo el 10 ppm en el cual se alcanzan porcentajes cerca de 100%.

Figura 2. Porcentaje de remoción del colorante a las concentraciones de 40 y 50 ppm de azul de metileno

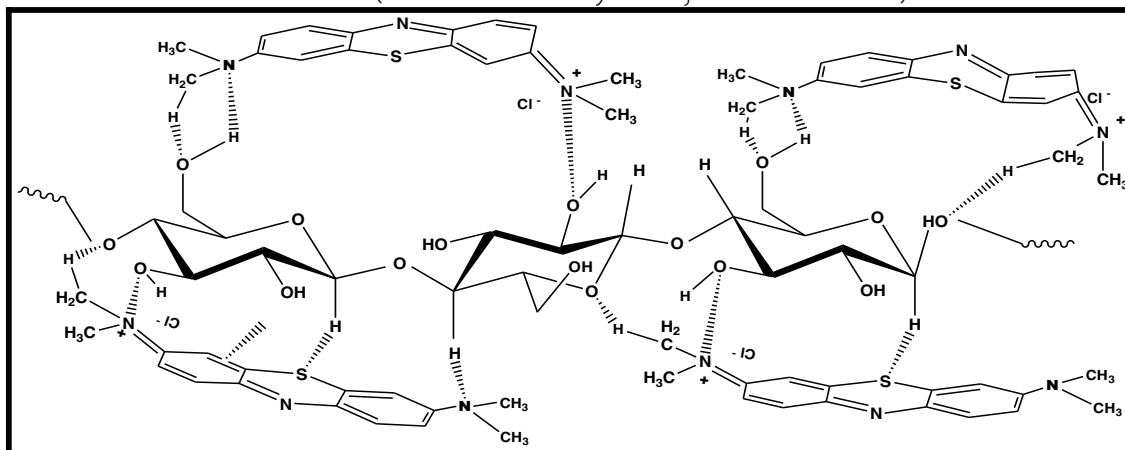


Fuente: Propia de los autores, 2011

En la Figura 2, se muestran los porcentajes de remoción del azul de metileno a concentraciones de 40 y 50 ppm, en este caso los valores obtenidos están apenas por arriba del 80% de eficiencia. Si se comparan todas las eficiencias se puede constatar claramente que conforme aumenta la concentración del colorante en solución la eficiencia de remoción disminuye. La propuesta de explicación es que en los primeros 5 minutos, se saturan los sitios de unión o de afinidad que existen en el biomaterial y el colorante. La propuesta se

basa en la Figura 3, en la cual se muestra la estructura de la celulosa (constituyente principal del biomaterial) y el arreglo espacial entre el colorante. En este caso se proponen interacciones del tipo dipolo-dipolo entre ambas estructuras y estas son las responsables de la adsorción que se presenta entre el biomaterial y el analito.

Figura 3. Interacciones dipolo-dipolo entre la celulosa (estructura de en medio) y el colorante azul de metileno (ubicado arriba y debajo de la celulosa)



Fuente: Propia de los autores, 2011

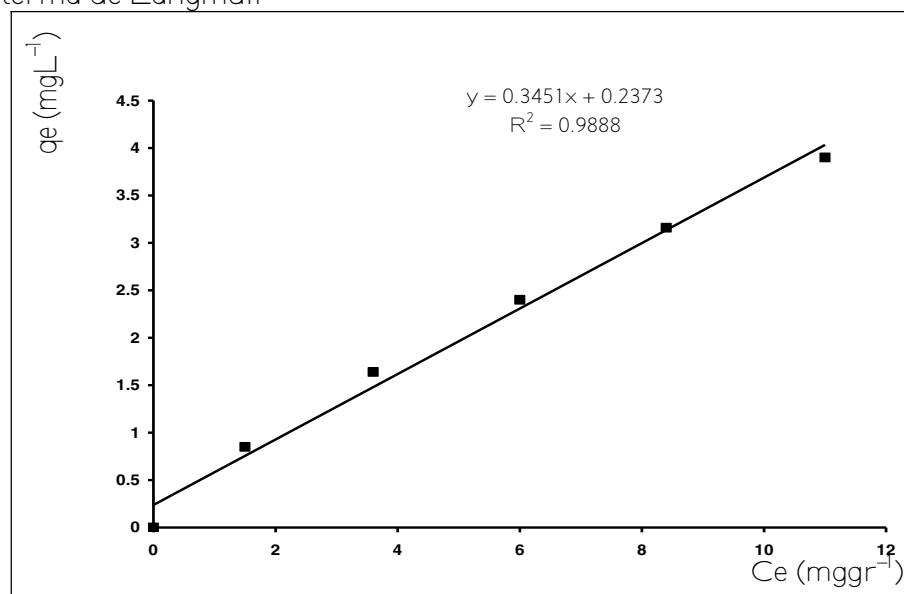
Como se observa en la Figura 3 se analiza la estructura de la celulosa, la cual posee grupos funcionales (OH-), los cuales tienden a formar dipolos negativos y tienen la peculiaridad de atraer los grupos funcionales del colorante que tienden a formar dipolos positivos. Estas atracciones de dipolo-dipolo se pueden presentar por arriba o por debajo de la estructura de la celulosa, con lo cual las moléculas de colorante quedan retenidas en la superficie del biomaterial.

Con base a esta explicación, se llega al supuesto que en el intervalo de 5-20 minutos, todos los sitios activos han sido ocupados y esto fundamenta que el porcentaje de remoción permanezca constante es decir no incremente en su valor.

Isotermas de Adsorción

Modelo de Langmuir. Este tipo de modelo se ha aplicado favorablemente en los procesos de sorción de diversos contaminantes y es el más utilizado para describir la adsorción de soluto en soluciones acuosas, formando una monocapa del soluto en la superficie del sorbente. En la Figura 4 se muestra la isoterma correspondiente, la cual muestra que la adsorción del colorante sobre el biomaterial se presenta en forma de monocapa. Lo anterior se corrobora por la relación encontrada en el coeficiente r^2 de la ecuación de la recta que relaciona C_e (concentración del colorante después del tiempo de contacto) y q_e (cantidad de colorante adsorbido en un gramo del biomaterial)

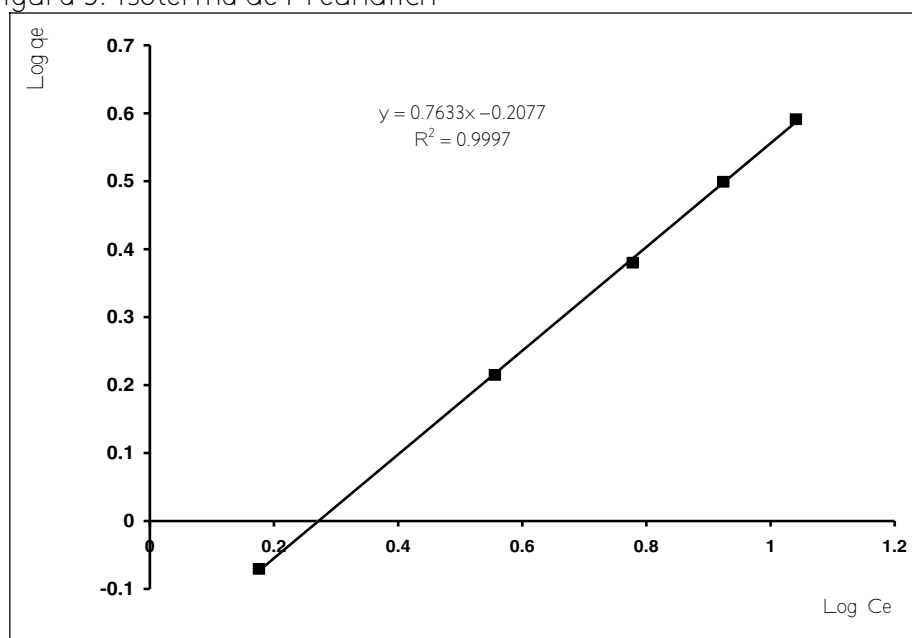
Figura 4. Isoterma de Langmuir



Fuente: Propia de los autores, 2011

Modelo de Freundlich. Este modelo empírico, representa el proceso de adsorción ideal de formación de multicapas en superficies heterogéneas; considerando que los sitios de adsorción son ocupados primero por enlaces fuertes y que la fuerza del enlace decrece al incrementar la ocupación de sitios de adsorción. En la Figura 5 se muestra la isoterma correspondiente, en la cual se aprecia que existe una gran relación lo cual indica que la adsorción del colorante sobre el biomaterial se presenta en forma de multicapas, lo cual se corrobora con los porcentajes de remoción que se mostraron en las cinéticas de remoción de las Figuras 1 y 2.

Figura 5. Isoterma de Freundlich



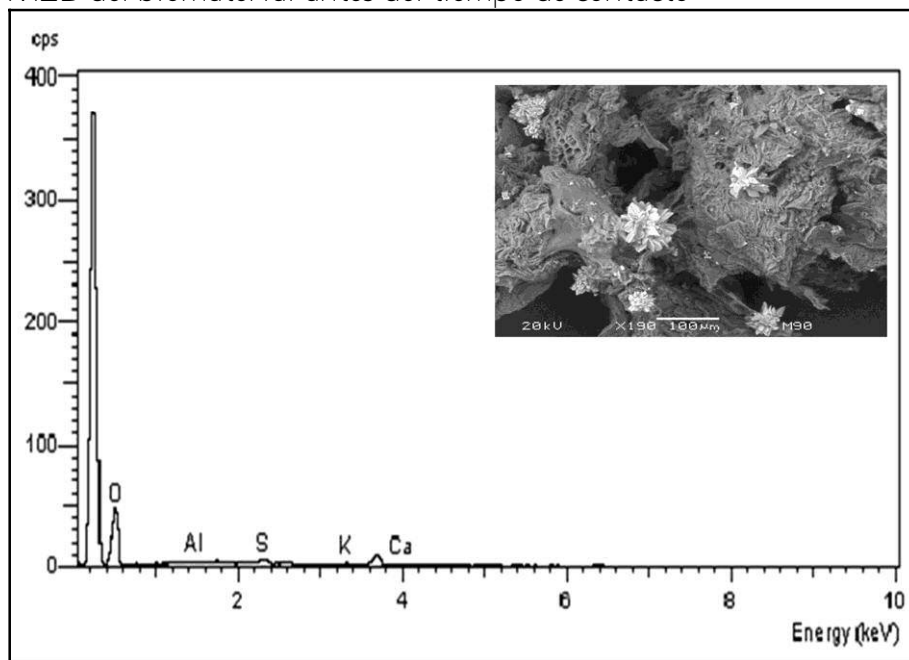
Fuente: Propia de los autores, 2011

De esta deducción de la formación de multicapas se establece que la adsorción se debe principalmente a las atracciones dipolo-dipolo que se presentan entre el biomaterial y las moléculas del colorante.

Microscopia electrónica de barrido y microanálisis (MEB)

Esta determinación se realizó antes y después de la adsorción esperando encontrar diferencias significativas. En la Figura 6 se muestra el microanálisis y la morfología del biomaterial antes del contacto entre el colorante y el biomaterial.

Figura 6. MEB del biomaterial antes del tiempo de contacto

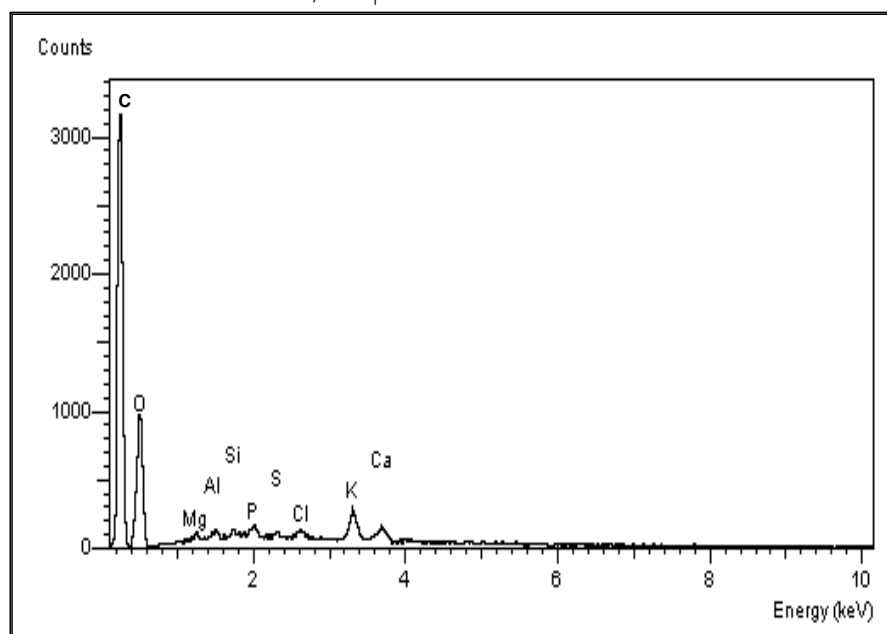


Fuente: Propia de los autores, 2011

En esta Figura se aprecia la composición del biomaterial, el cual muestra la presencia de los elementos de potasio, calcio, aluminio, azufre, oxígeno, el pico de mayor altura que no tiene ningún señalamiento corresponde al elemento del carbono. En el recuadro se muestra la morfología, la cual revela una estructura más o menos homogénea, con pequeñas estructura en forma de flor.

En la Figura 7, se muestra la MEB del biomaterial, después del tiempo de contacto. Como se puede apreciar no hay mucha diferencia en cuanto a composición. Esto se debe principalmente a que los elementos que constituyen el biomaterial y el colorante son de la misma naturaleza por así decirlo. Por lo cual no resultados contrastantes entre uno y otro.

Figura 7. MEB del biomaterial, después del contacto con el colorante

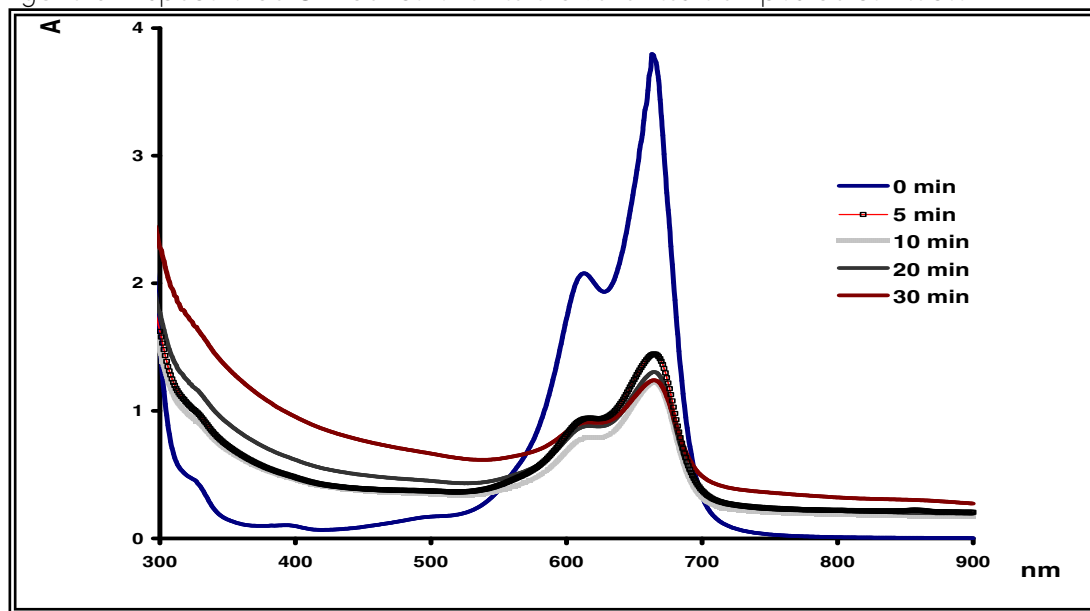


Fuente: Propia de los autores, 2011

Valoración de remoción del colorante

Para corroborar que el colorante azul de metileno fue removido mediante la adsorción, se realizaron varios ensayos con el equipo de UV spectrAA-10 plus, en el cual se midió la concentración del colorante antes y después de la biosorción. En la Figura 8. se muestra estos ensayos. En esta Figura se observa claramente que conforme aumento el tiempo de contacto el porcentaje de remoción aumento.

Figura 8. Espectro de UV del colorante a diferentes tiempos de contacto



Fuente: Propia de los autores, 2011

Conclusiones

Al término de este trabajo de investigación se establecen las siguientes conclusiones:

El proceso de adsorción del colorante azul de metileno se lleva a cabo mediante la formación de bicapas, esto se corrobora con el modelo de la isoterma de Freundlich.

El remoción del colorante azul de metileno alcanza buenos porcentajes, esto se corrobora mediante los ensayos de UV y las determinaciones de las concentraciones del colorante remanente en las soluciones sintéticas con que se experimento.

La presente investigación, propone el uso de un biomaterial del cual no se tiene mucha información como adsorbente que es la *Morinda Citrocifolia L.*, comúnmente conocido Noni en la península de Yucatán, el cual tiene propiedades medicinales. No obstante debido a los resultados generados es una nueva propuesta en su uso como material adsorbente de sustancias contaminantes tanto orgánicas como inorgánicas.

Referencias Bibliográficas

- Campos M. E, (2006) "Remoción de cromo (vi) y difenilcarbazida presentes en solución acuosa, provenientes de la cuantificación de cromo hexavalente, por métodos electroquímicos y sorción". Tesis Doctoral, Facultad de Química, UAEM.
- Chakraborty S., Jayanta K. Basu, Sirshendu De, (2006) Adsorption of Reactive Dyes from a Textile Effluent Using Sawdust as the Adsorbent. *Ind. Eng. Chem. Res.* 45, 4732-4741
- Crini Gregorio (2008) Kinetic and equilibrium studies on the removal of cationic dyes from aqueous solution by adsorption onto a cyclodextrin polymer. *Dyes and Pigments*, 77.
- Dogan Mehmet, YaseminOzdemir and Mahin Alkan. (2007) Adsorption kinetics and mechanism of cationic methyl violet and methylene blue dyes onto sepiolite. *Dyes and Pigments*, 75.
- Eren E., A. Afsin (2007) Investigation of a basic dye adsorption from aqueous solution onto raw and pre-treated sepiolite surfaces. *Dyes and Pigments*, 73.
- Mohd Salleh, Mohamad Amran, Dalia Khalid Mahmoud, Wan Azlina Wan Abdul Karim, Azni Idris (2011) Cationic and anionic dye adsorption by agricultural solid wastes: A comprehensive review. *Desalination*, 280.
- Ozdemir Orhan, Bulent Armagan, Mustafa Turan, Mehmet S. Celik (Comparison of the adsorption characteristics of azo-reactive dyes on mesoporous minerals 2004) *Dyes and Pigments*, 62.

- Sen S., G.N. Demirer, (2003) Anaerobic treatment of real textile wastewater with a fluidized bed reactor, *Water Res.* 37.
- Sharma, K.P., S. Sharma, Sharma Subhasini, P.K. Singh, S. Kumar, R. Grover, P.K. Sharma, (2007) A comparative study on characterization of textile wastewaters (untreated and treated) toxicity by chemical and biological tests, *Chemosphere*, 69.
- Kunwar P. S., Dinesh Mohan (2003) Color Removal from Wastewater Using Low-Cost Activated Carbon Derived from Agricultural Waste Material. National Botanical Research Institute, Rana Pratap Marg, Lucknow 226 001 (U.P.), India
- Wang Shaobin, Z.H. Zhu (2007) Effects of acidic treatment of activated carbons on dye adsorption. *Dyes and Pigments*, 75.
- Wang Shaobin, Huiting Li (2007) Kinetic modelling and mechanism of dye adsorption on unburned carbon. *Dyes and Pigments*, 72.